



Heating of thermoplastic preform for thermal forming

Patent number: DE19736462
Publication date: 1999-02-25
Inventor: BAER KAI K O DR ING (DE); GAUS RAINER DR ING (DE)
Applicant: BAER KAI K O DR ING (DE); GAUS RAINER DR ING (DE)
Classification:
- **International:** B29C51/00
- **European:** B29C51/42B2, B29C35/02R, B29C35/08, B29C49/64B2, B29C49/64B4, H05B3/00L
Application number: DE19971036462 19970821
Priority number(s): DE19971036462 19970821

Also published as:

 WO9910160 (A1)
 EP1005412 (A1)

Abstract of DE19736462

Prior to forming the preform is heated to the required temperature by exposing it to controlled radiation. The maximum intensity of the radiation is in a wavelength for which the material has low absorptivity, i.e. higher transmissibility than for longer wavelengths. An Independent claim is also included for blow moulding, deep drawing, or other thermal forming installations which have a radiant pre-heater. The emitted radiation spectrum is controlled to give a maximum in the low absorptivity region of the material. Preferred Features: The maximum radiation intensity is in the near infrared at a wavelength of 0.8-1.0 μm where the thermoplastic has an absorption band not exceeding 50%. The output of a halogen lamp is controlled by regulating the winding temperature and by using filters or choppers, and is distributed by mirrors or grids.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 36 462 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 29 C 51/00

②1 Aktenzeichen: 197 36 462.4
②2 Anmeldetag: 21. 8. 97
④3 Offenlegungstag: 25. 2. 99

⑦1 Anmelder:
Bär, Kai K.O., Dr.-Ing., 83052 Bruckmühl, DE; Gaus,
Rainer, Dr.-Ing., 83052 Bruckmühl, DE

⑦4 Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 38 23 670 A1
DE-Z.: Kunststoffe 86/1996/8, S.1114-1118;
DE-Z.: Kunststoffe-Plastics, Bd.31, 1984, H.8,
S.20-22;
DE-Z.: Kautschuk + Gummi. Kunststoffe, 36.Jg.,
Nr.10/1983, S.899-901;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Warmverformen von Thermoplasten

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Warmverformen von Thermoplasten, wobei ein Rohling, Vorformling oder dergleichen Halbzeug auf eine Verformungstemperatur aufgewärmt und durch eine Formeinrichtung verformt wird, wobei der Rohling während eines definierten Zeitraums mit einer Strahlung definierter Intensität einer Strahlungsquelle beaufschlagt wird, die ein Intensitätsmaximum in einem Emissionswellenlängenbereich aufweist, innerhalb dessen der Thermoplast mit einem niedrigeren Absorptionsgrad Strahlung absorbiert als bei längeren Wellenlängen. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Warmverformen von Thermoplasten, umfassend eine Wärmezuführeinrichtung, zum Erwärmen eines Rohlings, Vorformlings oder dergleichen Halbzeug auf eine Verformungstemperatur und eine Formeinrichtung, insbesondere eine Blas-(Streck-)Einrichtung, eine Tiefzieheinrichtung oder dergleichen Formwerkzeug zum Verformen des aufgewärmten Rohlings, wobei die Erwärmungseinrichtung eine Strahlungsquelle umfaßt, die mit einer Regeleinrichtung zum Regeln eines Emissionsspektrums der Strahlungsquelle derart ausgestattet ist, daß ein Intensitätsmaximum der Strahlungsquelle in einem Emissionswellenlängenbereich liegt, innerhalb dessen der Thermoplast mit einem niedrigeren Absorptionsgrad einfallende Strahlung absorbiert als bei längeren Wellenlängen.

DE 197 36 462 A 1

DE 197 36 462 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Warmverformen von Thermoplasten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12.

Bei derartigen Verfahren bzw. Vorrichtungen kommt es ganz wesentlich darauf an, daß der Rohling ein zur Verformung geeignetes Temperaturprofil aufweist, das dem herzustellenden Endprodukt angepaßt ist. Ein derartiges Temperaturprofil kann bei komplizierten Formen des Produktes, insbesondere dann, wenn niedrige Wandstärken gewünscht sind, relativ kompliziert bzw. über die Umfangsfläche des Formkörpers hinweg sehr inhomogen sein. Gewünscht ist allerdings eine nahezu konstante Temperatur über die gesamte Wandstärke, also die "Tiefe" des Rohlings. Um dies zu erreichen, wird bisher insbesondere mit Heißluftquellen oder auch Infrarotstrahlern, in vielen Fällen auch mit beheizten, in mehreren Stufen arbeitenden Formen (z. B. beim Tiefziehen) gearbeitet. Hierbei kann die Wärme praktisch ausschließlich über die Oberfläche des Rohlings zugeführt werden, so daß man zur Erzielung der konstanten Temperatur im Materialinneren, also über dessen Wandstärke auf den Wärmetransport durch Wärmeleitung innerhalb des Materials angewiesen ist. Dies wiederum setzt eine relativ langsame Erwärmung bzw. Verweilzeiten voraus, innerhalb derer der Temperatúrausgleich (über die Tiefe des Materials) stattfinden kann. Dadurch werden Verfahren und Vorrichtung der eingangs genannten Art aufwendig und störanfällig. Insbesondere ist auch die Einstellung eines geeigneten Temperaturprofils über die räumlichen Ausdehnungen des Rohlings ausgesprochen schwierig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß eine vereinfachte Erwärmung des Rohlings mit verbesserter Temperatur-Genauigkeit erzielbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 bzw. eine Vorrichtung nach Anspruch 12 gelöst.

Ein wesentlicher Punkt der Erfindung liegt darin, daß die Wärme über Strahlung definierter Intensität einer Strahlungsquelle dem Rohling so zugeführt wird, daß die Energie nicht nur an den Außenflächen des Rohlings sondern auch gleichzeitig im Inneren des Materials zur Temperaturerhöhung aufgenommen wird. Dies wiederum geschieht dadurch, daß das Intensitätsmaximum der Strahlungsquelle derart auf die Absorptions- bzw. Transmissionseigenschaften des zu bearbeitenden Thermoplasten angepaßt wird, daß die Energie auch tatsächlich in das Material eindringen kann und nicht - wie bei den sonst üblichen längeren Wellenlängen - schon in oberflächennahen Bereichen des Rohlings absorbiert wird.

Vorzugsweise liegt das Intensitätsmaximum im nahen Infrarot, insbesondere bei 0,8-1,4 μm , vorzugsweise bei 0,8-1,0 μm , also in einem Bereich von Wellenlängen, die erheblich kürzer sind als die Wellenlängen, bei welchen das Intensitätsmaximum üblicher Wärmestrahlungsquellen liegt. Bevorzugtermaßen wird nicht nur eine erheblich gleichmäßigere Erwärmung des Rohlings in seiner Tiefe erreicht, sondern auch eine erheblich schnellere Erwärmung. Bei Verwendung eines Temperaturstrahlers mit zumindest im wesentlichen einem kontinuierlichen Strahlungsspektrum ergibt sich dies dadurch, daß bei der hier vorgeschlagenen Einstellung des Intensitätsmaximums auf kürzere Wellenlängen die Strahlungsintensität etwa mit der 4. Potenz der Temperatur des Strahlers zunimmt.

Vorzugsweise wird die Strahlung mittels optischer Einrichtungen, insbesondere Spiegel, Gitter oder dergleichen Einrichtungen der Strahlungs-Optik derart verteilt dem Roh-

ling zugeführt, daß ein der Formeinrichtung angepaßtes Temperaturprofil innerhalb des Rohlings nach Ablauf des definierten Zeitraums eingestellt wird. Es wird also nicht die Strahlungsquelle z. B. durch Energiezufuhr eingestellt bzw. verändert, es wird vielmehr die dem Rohling zugeführte Strahlung den Anforderungen entsprechend "eingestellt". Hierbei ist es von Vorteil, daß die Strahlung ihr Intensitätsmaximum bei den vorgenannten Wellenlängenbereichen aufweist, so daß die üblichen Mittel der Strahlungs-Optik verwendbar sind.

Besonders vorzugsweise werden die zu erwärmenden Objekte bzw. Rohlinge mit einer Strahlungsflußdichte über 0,5 MW/m², insbesondere über 1 MW/m² beaufschlagt.

Vorzugsweise wird die Wellenlänge des Intensitätsmaximums durch Einstellung, insbesondere aber durch eine Regelung (also Messung und Rückführung der relevanten Strahlungsgrößen) der Temperatur eines Heizelements eingestellt. Besonders bevorzugt ist hierbei die Einstellung der Wendel-Temperatur einer Halogenlampe. Nachdem diese auf relativ hohe, für Halogenlampen unüblich hohe Temperaturen (zur Erreichung der genannten kurzen Wellenlängen) eingestellt werden muß, sind vorzugsweise entsprechende Maßnahmen getroffen, um dennoch eine lange Lebensdauer der verwendeten Halogenlampe zu gewährleisten. Insbesondere werden hierfür besondere Kühlungsmaßnahmen sowohl im Bereich der (Quarz-)Glaskörper als auch im Bereich der Sockel der Halogenlampen getroffen.

Um nun die Intensität den Anforderungen entsprechen einzustellen, wird vorzugsweise alternativ oder kumulativ die Entfernung zwischen der Strahlungsquelle und dem Rohling und/oder eine optische Filtereinrichtung wie Gitter oder Graufilter oder dergleichen und/oder Choppereinrichtungen verwendet.

Bei dem kommerziell besonders interessanten Bereich der Verwendung des Verfahrens zur Herstellung von Polyethylen-Flaschen wird vorzugsweise so vorgegangen, daß der definierte Aufheiz- oder Bestrahlungs-Zeitraum 10 sec, besonders bevorzugterweise 5 sec nicht wesentlich überschreitet. Dadurch ist zum einen eine gleichmäßige Erwärmung der üblichen Rohlinge oder Preforms sichergestellt, andererseits kann mit hoher Geschwindigkeit produziert werden.

Der Preform wird vorzugsweise im wesentlichen unmittelbar nach Beaufschlagung mit der Strahlung ohne wesentliche strahlungsbeaufschlagungsfreie Verweildauer dem Formwerkzeug, insbesondere einer Blas-Streck-Einrichtung zur Verformung übergeben. Dadurch ist sichergestellt, daß sich das (insbesondere durch Optiken) eingestellte Temperaturprofil entlang des Körper nicht durch Wärmeleitung innerhalb des Preforms verändern kann.

Zur Herstellung von Tiefziehteilen ist es bevorzugt, wenn der Rohling in einem, im wesentlichen kalten Werkzeug ohne wesentliche Wärmezufuhr von dem Werkzeug auf den Rohling verformt wird. Insbesondere kann dies geschehen, indem der Rohling in einem einzigen Ziehvorgang geformt wird. Dadurch ist gewährleistet, daß das (insbesondere durch optische Mittel) eingestellte Temperatur-Profil im Rohling im wesentlichen beibehalten bleibt und die Gefahr eines Anklebens des Rohlings am Tiefziehwerkzeug vermieden wird, wie dies insbesondere bei solchen Tiefziehwerkzeugen der Fall ist, bei welchen die Erwärmung des Rohlings durch das Werkzeug selbst erfolgt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt also eine Strahlungsquelle mit einer Regeleinrichtung zum Regeln eines Emissionswellenlängenbereichs der Strahlungsquelle derart, daß das Intensitätsmaximum der Strahlungsquelle in einem Wellenlängenbereich liegt, innerhalb dessen der Thermoplast mit einem niedrigen Absorptionsgrad bzw. ei-

nem höheren Transmissionsgrad als bei längeren Wellenlängen einfallende oder auftreffende Strahlung absorbiert bzw. hindurchläßt oder eindringen läßt. Diese Strahlungsquelle ist vorzugsweise so ausgebildet, daß ihr Intensitätsmaximum im nahen Infrarot, insbesondere bei 0,8 bis 1,4 und besonders bevorzugterweise bei 0,8 bis 1,0 μm liegt. Der Absorptionsgrad soll hierbei so niedrig sein bzw. der Transmissionsgrad so hoch sein, daß eine der Dicke des zu bearbeitenden Rohlings entsprechende Eindringtiefe der Strahlung sichergestellt ist und der Rohling nicht nur an seiner Oberfläche sondern von Anfang an (also ohne Temperatursausgleich über Wärmeleitung) in seinem Inneren erwärmt wird.

Vorzugsweise werden Spiegel, Gitter oder dergleichen Einrichtungen der Strahlungs-Optik vorgesehen, um den Rohling mit einem Temperaturprofil zu erwärmen, welches zur Formung optimal ist.

Bei der als Strahlungsquelle vorzugsweise vorgesehenen Halogenlampe oder dergleichen Strahlungseinrichtung mit einem Heizelement ist vorzugsweise zur Regelung der Wendel-Temperatur ein Stromregler vorgesehen, der einen Ist-Wert aus einem entsprechend ausgebildeten Fühler (Pyrometer) erhält, um die Wendeltemperatur bzw. den Wellenlängenbereich, bei welchem sich das Intensitätsmaximum der Strahlungsquelle befindet, konstant zu halten und entsprechend den eingangs genannten Vorgaben einzustellen.

Weiterhin wird auch die Intensität (durch Störgrößenaufschaltung bzw. einen Vergleich von Soll- und Ist-Werten) geregelt, so daß innerhalb der eingestellten Zeit der Strahlungsbeaufschlagung das gewünschte Temperaturprofil erreicht wird. Diese Intensitätseinstellung kann durch die Entfernung zwischen Strahlungsquelle und Rohling und/oder optische Filtereinrichtungen und/oder eine Choppereinrichtung geschehen, welche sozusagen "Strahlungspakete" zum Rohling gelangen lassen, wobei die Choppergeschwindigkeit so gewählt ist, daß die "Paketdauern" sehr kurz sind in Relation zum Gesamtzeitraum, über welchen dem Rohling Energie zugeführt wird.

Bei der Herstellung von PET-Flaschen wird die Anordnung derart gewählt, daß der Rohling innerhalb einer Zeitdauer von unter 10 sec, vorzugsweise von unter 5 sec in den Bereich der Strahlungsquelle gebracht und aus diesem wieder entfernt wird, so daß kein wesentlicher Temperatursausgleich unter Abänderung des (durch optische Einrichtungen) eingestellten Temperaturprofils geschehen kann. Zusätzlich oder auch alternativ wird die gesamte Vorrichtung zur Herstellung von PET-Flaschen derart ausgebildet und mit nahe beieinander liegenden Stationen (Strahlungsquelle, Formwerkzeug) und mit schnellen Fördereinrichtungen ausgestattet, daß keine wesentliche Verweildauer des Rohlings bzw. Preforms vorliegt, innerhalb deren eine Beaufschlagung mit Strahlungsenergie zur Erwärmung vor der Verformung in der Blas-Streck-Einrichtung geschehen kann. Auch dadurch wird das eingestellte Temperaturprofil im Preform erhalten.

Bei der Herstellung von Tiefziehteilen wird ein Tiefziehwerkzeug benutzt, welches eine relativ (gemessen an den bisher benutzten Tiefziehwerkzeugen) niedrige Temperatur aufweist, wobei vorzugsweise lediglich ein einziges Tiefziehwerkzeug vorgesehen ist und damit der Rohling in einem einzigen Tiefziehvorgang geformt wird. Auch hierbei liegt der Vorteil wieder darin, daß keine wesentliche Veränderung des zuvor durch die entsprechende Strahlungsenergie-Zufuhr eingestellten Temperaturprofils erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Warmverformen von Thermoplasten, wobei ein Rohling, Preform oder dergleichen

Halbzeug auf eine Verformungstemperatur aufgewärmt und durch eine Formeinrichtung, insbesondere eine Blas(-Streck)Einrichtung, eine Tiefzieheinrichtung oder dergleichen Formwerkzeug verformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling während eines definierten Zeitraums mit einer Strahlung definierter Intensität einer Strahlungsquelle beaufschlagt wird, die ein Intensitätsmaximum in einem Emissionswellenlängenbereich aufweist, innerhalb dessen der Thermoplast mit einem niedrigeren Absorptionsgrad Strahlung absorbiert bzw. mit einem höheren Transmissionsgrad strahlungsdurchlässig ist als bei längeren Wellenlängen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Intensitätsmaximum im nahen Infrarot liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Intensitätsmaximum bei 0,8–1,4 μm Wellenlänge, vorzugsweise bei 0,8–1,0 μm Wellenlänge liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Intensitätsmaximum in einem Wellenlängenbereich, in welchem der Thermoplast ein Absorptionsband aufweist, dessen Absorptionsgrad 75%, vorzugsweise 50% nicht übersteigt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung mittels optischer Einrichtungen, insbesondere Spiegel, Gitter oder dergleichen Einrichtungen der Strahlungs-Optik derart verteilt dem Rohling zugeführt wird, daß ein der Formeinrichtung angepaßtes Temperaturprofil innerhalb des Rohlings nach Ablauf des definierten Zeitraums eingestellt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge des Intensitätsmaximums durch Einstellung, insbesondere durch Regelung der Temperatur eines Heizelementes, insbesondere einer Wendel einer Halogenlampe eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität durch Einstellung, insbesondere durch Regelung einer Entfernung zwischen der Strahlungsquelle und dem Rohling und/oder eine optische Filtereinrichtung wie Gitter und/oder Graufilter und/oder durch Choppereinrichtung eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung von PET-Flaschen, dadurch gekennzeichnet, daß der definierte Zeitraum 10 sec, vorzugsweise 5 sec nicht wesentlich überschreitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Preform im wesentlichen unmittelbar nach der Beaufschlagung mit der Strahlung ohne wesentliche strahlungsbeaufschlagungsfreie Verweildauer im Formwerkzeug, insbesondere in einer Blas-Streck-Einrichtung verformt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung von Tiefziehteilen, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling mit einem, im wesentlichen kalten Werkzeug ohne wesentliche Wärmezufuhr von dem Werkzeug auf den Rohling verformt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling in einem einzigen Ziehvorgang geformt wird.

12. Vorrichtung zum Warmverformen von Thermoplasten, umfassend eine Wärmezuführeinrichtung, zum Erwärmen eines Rohlings, Preform oder dergleichen

- Halbzeug auf eine Verformungstemperatur und eine Formeinrichtung, insbesondere eine Blas(-Streck)Einrichtung, eine Tiefzieheinrichtung oder dergleichen Formwerkzeug zum Verformen des aufgewärmten Rohlings, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmungseinrichtung eine Strahlungsquelle umfaßt, die mit einer Regeleinrichtung zum Regeln eines Emissions-Spektrums der Strahlungsquelle derart ausgestattet ist, daß ein Intensitätsmaximum der Strahlungsquelle in einem Emissionswellenlängenbereich liegt, innerhalb dessen der Thermoplast mit einem niedrigen Absorptionsgrad bzw. einem höheren Transmissionsgrad als bei längeren Wellenlängen einfallende oder auftretende Strahlung absorbiert bzw. hindurchläßt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle derart ausgebildet ist und geregelt wird, daß ihr Intensitätsmaximum im nahen Infrarot liegt.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle derart ausgebildet ist und geregelt wird, daß ihr Intensitätsmaximum bei 0,8–1,4 μm , vorzugsweise bei 0,8–1,0 μm liegt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle derart ausgebildet ist und geregelt wird, daß ihr Intensitätsmaximum in einem Wellenlängenbereich liegt, in welchem der Thermoplast ein Absorptionsband aufweist, dessen Absorptionsgrad 75%, vorzugsweise 50% nicht übersteigt.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle eine Halogenlampe oder dergleichen Strahlungseinrichtung mit einem Heizelement umfaßt, und daß die Regelung einen Stromregler zur Einstellung und Regelung der Temperatur der Strahlungseinrichtung, insbesondere einer Wendel der Halogenlampe umfaßt.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, gekennzeichnet durch eine Intensitätsregelungseinrichtung zur Regelung der Intensität der dem Rohling zugeführten Energie, umfassend eine Entfernungseinstelleinrichtung zum Einstellen einer Entfernung zwischen der Strahlungsquelle und dem Rohling und/oder eine optische Filtereinrichtung wie Gitter oder Graufilter und/oder Choppereinrichtungen.
19. Vorrichtung nach Anspruch 12 zur Herstellung von PET-Flaschen, gekennzeichnet durch eine Zeiteinstelleinrichtung, die derart ausgebildet ist, daß dem Rohling eine Strahlung definierter Intensität über einen definierten Zeitraum zuführbar ist, der 10 sec, vorzugsweise 5 sec nicht wesentlich überschreitet.
20. Vorrichtung nach Anspruch 12 zur Herstellung von PET-Flaschen, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle innerhalb einer im wesentlichen kontinuierlich arbeitenden Produktionsstraße im wesentlichen derart unmittelbar vor der Formeinrichtung angebracht ist, daß der Preform im wesentlichen unmittelbar nach der Beaufschlagung mit der Strahlung ohne wesentliche strahlungsbeaufschlagungsfreie Verweildauer im Formwerkzeug, insbesondere in einer Blas-Streck-Einrichtung verformt wird.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18 zur Herstellung von Tiefziehteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die Formeinrichtung im wesentlichen unbeheizt derart ausgebildet ist, daß der Rohling mit einem, im wesentlichen kalten Werkzeug ohne wesentliche Wärmezufuhr zur Temperaturerhöhung des Rohlings verformbar ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein einziges Tiefzieh-Werkzeug vorgese-

hen ist.